



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

ULB

# Druckverteilungskurven und Druckkraft bei Flachform-Hochdruckmaschinen

Markert, O.  
(1960)

DOI (TUpriints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014079>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Report

Division: 16 Department of Mechanical Engineering  
16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14079>

---

# DRUCKVERTEILUNGSKURVEN UND DRUCKKRAFT BEI

## FLACHFORM-HOCHDRUCKMASCHINEN

### Übersicht:

	Seite
I. Einführung	1
II. Beschreibung der Meßeinrichtung	2
a.) Der Druckverteilungsaufnehmer	2
b.) Die elektronische Meßapparatur	3
c.) Eichung	4
d.) Wegmaßstab	5
e.) Auswertung	6
III. Versuchsbedingungen und Meßergebnisse	7
IV. Der minimale Anpreßdruck (Aufführung bisheriger Ergebnisse)	14
V. Literatur	22
VI. Diagramme	

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Markert

## I. Einführung

Obwohl im In- und Ausland - namentlich in Forschungsinstituten - viele Untersuchungen über den Druckvorgang bei Flachform-Hochdruckmaschinen angestellt wurden, scheint sich bis heute keine einheitliche, präzise Auffassung durchgesetzt zu haben über den Einfluß der verschiedenen Faktoren, die bei der Erzielung einer guten Druckqualität eine Rolle spielen. Erst die moderne elektronische Meßtechnik bietet die Möglichkeit, den Druckprozess mit hinreichender Genauigkeit dynamisch zu verfolgen und im Bild sichtbar zu machen. Wenn alle maßgeblichen Faktoren des Druckprozesses auch größenmäßig erforscht sind, dürfte dem Konstrukteur wie dem Drucker eine weitere Annäherung an die optimalen Druckbedingungen leichter fallen.

Dem Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren wurde zunächst einmal die Aufgabe gestellt, die Verteilung der Anpresskraft in der Druckzone ohne Farbe und Auflagepapier zu messen und die Abhängigkeit der Druckzonenbreite von der Art des Aufzuges, von der Größe des Druckzylinderdurchmessers und von der Höhe des Druckes in kg/qcm herauszufinden. Die Kenntnis dieser kombinierten Faktoren ist für den Konstrukteur wichtig, weil die Breite der Druckzone in direkter Beziehung zur Höhe der Vorspannkraft steht, die nötig ist, um eine bestimmte Druckspannung zu erzielen, ohne daß die Schmitzringe von den Schmitzleisten sich abheben.

## II. Beschreibung der Meßeinrichtung

Zur Bewältigung der gestellten Aufgabe mußte ein geeigneter Geber entwickelt werden, der die mechanisch aufgenommenen Meßwerte in elektronische umwandelt, weil zur dynamischen Messung nur eine elektronische Meßeinrichtung in Frage kam.

### a.) Der Druckverteilungsaufnehmer

Der Druckvorgang sollte durch das Messen so wenig wie möglich gestört werden, Änderungen am Druckwerk schlossen sich daher von selbst aus. Nach mehreren anderen Konstruktionsversuchen gelangte schließlich der im Bild 1 dargestellte Druckaufnehmer zur Anwendung.

Der Aufnahme der Druckverteilungskurven liegt das DMS-Verfahren zugrunde, das eine Längen- oder Biegeänderung als Meßgröße vorschreibt. Das Meßprinzip läßt sich auf der Geberskizze gut erkennen.

Der genau schrifthoch geschliffene Stahlkörper wird zusammen mit Klischees oder Testformen auf dem Formbett festgespannt. Beim Druckvorgang läuft der mit dem Aufzug gespannte Druckzylinder auch über die schrifthohe Meßfläche des Gebers und drückt der Größe der Anpreßkraft entsprechend die Schneide des eingebauten Torsionshebels nach unten. Dadurch bewegt sich das andere Hebelende nach oben. Der am Hebelende frei aufgehängte, vorgespannte Dehnungsmeßstreifen verwandelt diese Längenänderung in eine Widerstandsänderung, die der elektronischen Verstärkungseinrichtung als Eingangssignal zugeführt wird. Der Einsatz des Torsionshebels gewährt eine praktisch fehlerfreie Umwandlung der mechanischen Meßgröße in eine elektrische. Da Tangentialkräfte zwischen Form und Aufzug nicht ins Meßergebnis eingehen sollen, mußte zur Ausschaltung eines zusätzlichen Drehmomentes durch Tangentialkräfte



der Lagermittelpunkt des Torsionshebels bis zur Schrifthöhe angehoben werden. Es blieb keine andere Wahl, als dafür den Nachteil in Kauf zu nehmen, daß der Geber in dieser Ausführung nur am Druckende eingebaut werden kann. Beim Durchlauf unter Druck stört dann die über schrifthohe Lagerung nicht, weil durch den Druckzylinderkanal genügend Raum frei wird. Zur Erforschung der eingangs erwähnten Faktoren spielt es keine Rolle, ob am Druckende oder an einer beliebigen anderen Stelle des Formbettes gemessen wird, da es nur auf die Krümmung des Druckzylinders und den Aufzug ankommt. Die Anpreßkraft geht sowieso als variabler Parameter in das Meßergebnis ein.

Der Hauptvorteil des aus einem Stück gefertigten Torsionshebels liegt in seiner hohen Biegesteifheit und in der geringen Absenkung der Hebelschneide von nur wenigen Mikron bei voller Belastung, so daß die Störung des Druckprozesses verschwindend klein bleibt. Der Luftspalt zwischen Hebelschneide und dem Stahlkörper beträgt 1 - 2 hundertstel mm. Eine Störung durch Einquetschen des Aufzuges ist somit unmöglich. Temperatureinflüsse werden durch einen zweiten Dehnungsmeßstreifen kompensiert. Für die geforderte hohe Empfindlichkeit lieferte die Firma Hottinger, Darmstadt, Spezial-Meßstreifen, die es erlauben, den Feinmeßbereich der Hottinger Meßbrücke voll auszunutzen.

Eine Plexiglashaube schützt den Torsionshebel vor mechanischen Einflüssen und verhindert den Zutritt von Zugluft, die das Temperaturgleichgewicht der Dehnungsmeßstreifen stören würde. Durch die Vorspanneinrichtung am aktiven Meßstreifen kann der jeweils günstigste Meßbereich eingestellt werden.

#### b.) Die elektronische Meßapparatur (Bild 2)

Zur Bestimmung kleiner Widerstandsänderungen ist die Wheatstone'sche Brückenschaltung geeignet. Nach diesem Prin-

zip arbeitet der Meßverstärker KWS II/50 der Firma Hottinger. Im vorliegenden Falle setzt sich die Brückenschaltung aus den zwei Meßstreifen und zwei variablen Widerständen des Verstärkers zusammen. Vor der Messung ist die Brücke jeweils bei unbelastetem Geber in Phase und Betrag abzugleichen. Zur genauen Registrierung der Druckverteilungskurven war ein Oscillograph unentbehrlich. Zur Anwendung kam der Gleichspannungscillograph GM 5666 von Philips, weil durch diese Schaltungskombination der Geber leicht statisch geeicht werden kann.

Die optische Aufzeichnung geschah mit der Voigtländer-Philips-Registrierkamera FE 106, deren Filmgeschwindigkeit stufenweise einstellbar ist. Da alle Untersuchungen bei einer Formbettgeschwindigkeit von ungefähr 1 m/sec vorgenommen wurden, konnte nach einmaliger Einstellung eine Filmgeschwindigkeit von 202 cm/sec beibehalten werden.

Die 50 KHz Trägerfrequenz Meßbrücke ist von großer Meßempfindlichkeit und die Wiedergabe schnellablaufender Vorgänge geschieht verzerrungsfrei. Die Feststellung der Eigenfrequenz des Torsionshebels bereitete mit dieser Meßgarnitur keinerlei Schwierigkeiten. Mit 3,5 KHz ist die Eigenfrequenz des Gebers beträchtlich höher als die Meßfrequenz, so daß keine Meßspitzen durch die Trägheit des Systems verschluckt werden.

#### c.) Eichung

Die der Dehnung des Streifens entsprechende Belastung rechnerisch zu ermitteln, ist unvorteilhaft, da sich störende Nebeneinflüsse nur durch eine zweckentsprechende Eichung eliminieren lassen. Anfangs erfolgte die Eichung des Gebers in eingebautem Zustand. Als sich aber herausstellte, daß durch das Einspannen des Gebers keinerlei Abweichungen hervorgerufen werden, wurde auf diese komplizierte Eichmethode verzichtet.

Die Eichung zerfällt in zwei Stufen:

Die Eichung Geber-Meßverstärker; und Meßverstärker-Oscillograph mit Filmaufnahme (Bild 3).

Durch einen belasteten Faden wird die Schneide des Torsionshebels nach unten gezogen, der Zeiger des Meßverstärkers gibt dann je nach Verstärkungseinstellung und Gewichtsbelastung den entsprechenden Ausschlag in Skalenteilen an. Wie aus dem Diagramm ersichtlich, sind die Eichkurven annähernd linear, während die Beziehung Meßverstärker - Film genaue Linearität aufweist.

Eine Umrechnung der Belastung der Hebelschneide von Kraft (kg) auf Druck (kg/qcm) ist einfach. Man braucht nur das aufgegebene Gewicht durch die Fläche der Hebelschneide  $= 7 \cdot 0,45 = 3,15$  qmm zu dividieren.

#### d.) Weg-Maßstab

Die Eichung des Gebers dient nur der Ermittlung der Druckverteilung in der Druckzone, aber nicht der Bestimmung der dazugehörenden Druckzonenbreite. Im Gegensatz zu den Rotationsmaschinen kann bei den Flachform-Hochdruckmaschinen nicht von der Tourenzahl auf die Formbettgeschwindigkeit geschlossen werden, da die Formbettgeschwindigkeit nicht über den gesamten Druckweg konstant bleibt. Die Mitaufzeichnung eines Wegmaßstabes genau im Augenblick der Druckregistrierung ist aber zur Ermittlung der Druckzonenbreite unerlässlich. Nach mehreren Versuchen, wobei auch induktive Methoden zur Geschwindigkeitsmessung erprobt wurden, bewährte sich eine verhältnismäßig einfache Methode. Beim Gleichspannungscillographen GM 5666 von Philips ist es mittels einer Parallelschaltung zum Gitterkreis der Bildröhre möglich, durch Unterbrechen der Erdverbindung den Elektronenstrahl beliebig oft zu unterdrücken. Diese Möglichkeit wurde zur Wegbestim-



nung im Kontaktbereich benutzt, indem durch ein teilweise mit Messing ausgefülltes Plexiglasstück und zwei feststehenden Kontaktzungen die Erdverbindung nach 2 bzw. 3 cm Formbettstrecke unterbrochen wird. Das Plexiglasstück läuft dabei auf einer Stahlleiste mit Formbettgeschwindigkeit hin und her (Bild 4).

#### e.) Auswertung

Auf dem Film entsteht bei dieser Anordnung ein Kurvenzug, wie er auf Bild 4 ersichtlich ist.

Die Druckzonenbreite "s" ergibt sich aus folgender Beziehung:

$$s^{cm} = \frac{2}{z^{cm}} \cdot v^{cm}$$

Zur einheitlichen Ausmessung von "v" wurden an die beiden Äste der Druckverteilungskurven Tangenten zur Nulllinie hingelegt. Es war deshalb am zweckmäßigsten, die Verstärkung so einzustellen, daß möglichst hohe Druckverteilungskurven auf dem Film registriert wurden. Die maximale Druckamplitude "p<sub>max</sub>" (kg/qcm) ergibt sich automatisch, wenn man mit der Höhe "h" in die entsprechenden Eichkurven eingeht. Etwas schwieriger wird es bei der Feststellung der mittleren Druckamplitude "p<sub>m</sub>".

Die ausplanimetrierte Fläche "F" der optisch vergrößerten Druckverteilungskurve ist durch die Druckzonenbreite "s" zu dividieren. Durch das so ermittelte "h<sub>m</sub>" kann mit Hilfe von "h" und "p<sub>max</sub>" die mittlere Druckamplitude "p<sub>m</sub>" (kg/qcm) errechnet werden.

$$h_m = \frac{F}{s} ; p_m = \frac{h_m}{h} \cdot p_{max}$$

Will man die ganze Druckverteilungskurve in ihren wirklichen Maßstäben, wie in Bild 5, darstellen, so bleibt keine



andere Wahl, als die auf dem Film registrierte Kurve Punkt für Punkt umzurechnen.

### III. Versuchsbedingungen und Meßergebnisse

Um den Einfluß des Druckzylinderdurchmessers festzustellen, wurden vier Maschinen verschiedener Größe durchgemessen. Außerdem interessierte die Wirkung der Aufzugart und der Aufzugstärke.

Bei den durchgeführten Untersuchungen kam ein harter und ein weicher Aufzug folgender Zusammensetzung zur Anwendung.

#### a.) harter Aufzug

3 Tauenkarton.....	0,9 mm
(0,3 mm)	
1 Tauenkarton.....	0,2 mm
1 Tauenstraffer.....	0,1 mm
	<hr/>
	1,2 mm

#### b.) weicher Aufzug

2 Tauenkarton.....	0,4 mm
(0,2 mm)	
4 satinierte Zwischen-	
lagebogen.....	0,4 mm
1 Gummidrucktuch.....	0,3 mm
1 Tauenstraffer.....	0,1 mm
	<hr/>
	1,2 mm

Zur Erreichung einer Aufzugstärke von 1,5 mm wurde jeweils noch ein Tauenkarton von 0,3 mm dazugegeben.

Das Institut für graphische Technik in Leipzig führte an Flachform-Hochdruckmaschinen Druckversuche mit verschiedenen Zylinderaufzügen und Druckformmaterialien durch. ("Druck und Reproduktion" 1959/10).

Für zwei Aufzüge ähnlicher Zusammensetzung gibt dieses Institut als Ergebnis bekannt: Der harte Aufzug sei nur für Linien- und Tabellendruck angebracht. Ein Aufzug mit Gummituch, ähnlich wie unter b. aufgeführt, habe sich am besten von den vier erprobten Aufzügen zum Drucken aller acht eingesetzten Formmaterialien geeignet. Der Druck sehe sauber aus und die Abnutzungserscheinungen seien gering. Ein sehr weicher Aufzug sollte nirgends mehr anzutreffen sein.

Trotz der guten Eigenschaften des Aufzugs mit Gummituch wurde zur Ermittlung des Durchmesser-Einflusses der harte Aufzug genommen, da bei diesem Aufzug die Druckbedingungen (z.B. Spannung des Aufzuges) am leichtesten konstant zu halten sind und auch bei höherem Druck sich kaum ein "Arbeiten" störend bemerkbar macht. Eine Verringerung der Normaufzüge von 1,5 mm auf 1,2 mm erfolgte durch die Hinzunahme von Messingfolien. Auf diese Weise wird ein Vergleich der vier Maschinen erst möglich. Der stufenweisen Druckerhöhung dienten unter die Stahlplatten-Testformen gelegte Messingfolien. Bei den Aufzügen mit Gummituch und einer Stärke von 1,5 mm wurde die Druckerhöhung wie in der Praxis durch Aufzugsverstärkung erzielt. Ein direktes Ablesen des Durchmesser-Einflusses ist in diesem Falle nicht möglich. Je nach Starrheit der Maschine und der Formbettausnutzung mußte mehr oder weniger Tauenstraffer bzw. Zurichtpapier untergelegt werden, um eine bestimmte Druckerhöhung zu erreichen.

Bild 5 zeigt drei Druckverteilungskurven mit gleichem  $p_{\max}$  und gleichem Aufzug. Der variable Parameter ist der Druckzylinderdurchmesser  $D$ . Bei gleicher Art und Stärke des Aufzuges fällt auf, daß bei gleich großem  $p_{\max}$  alle drei Kurven auch ein gleich großes  $p_m$  aufweisen, d.h. das Verhältnis  $p_{\max}/p_m$  ist konstant und nicht von  $D$  abhängig.

Für den harten Aufzug ist  $p_{\max}/p_m = 1,55/1$ , für den weichen Aufzug ist  $p_{\max}/p_m = 1,65/1$ . Durch Verstärken des

Aufzuges und Erhöhen des Druckes waren keine nennenswerten Abweichungen von diesen Mittelwerten festzustellen. Es kann also mit gutem Recht behauptet werden:

Die Form der Druckverteilungskurve hängt im wesentlichen nur von der Härte des Aufzuges ab.

Dieses Meßergebnis gewinnt insofern Bedeutung, als bei zukünftigen Untersuchungen ähnlicher Art, die vielleicht mehr den Erfordernissen der Praxis genügen sollen, auf diese zeitraubende Meß- und Auswertmethode verzichtet werden kann. Es würde ein einfacherer Geber ausreichen, der die Anpreßkraft  $P$  pro cm Zylinderlänge und die Breite  $s$  der Druckzone anzeigt.

$p_m$  ist dann Anpreßkraft  $P$  / Druckzonenbreite  $s$

$p_{max}$  errechnet sich leicht aus dem konstanten Verhältniswert  $p_{max}/p_m$ . Für den Konstrukteur dürfte  $p_{max}$  ohnehin kaum von Interesse sein, da für die Maschinenberechnung nicht  $p_{max}$ , sondern die Anpreßkraft  $P$  (kg/cm), bzw. die Gesamtkraft  $K$  (kg) in Frage kommt.

Punk bestimmte die Verteilung der Druckkräfte in der Berührungsfläche zwischen Form- und Druckzylinder mittels der Hertzschen Gleichungen, wobei er die elastische Nachwirkung des Aufzuges ebenfalls rechnerisch zu erfassen suchte. Seine Feststellung, daß an der Anlaufseite der Druck stark und plötzlich ansteigt, nach der Ablaufseite hin sogar geringfügig negativ wird, kann durch die Messungen nicht eindeutig bestätigt werden. Die Ergebnisse zeigen vielmehr eine nahezu symmetrische Druckverteilung.

Die Meßergebnisse in ihrer gesamten Variation sind für jede Maschine einzeln diagrammäßig in Bild 6, 7, 8 u. 9 dargestellt. Die Streuung innerhalb einer Meßreihe hielt sich in erstaunlich engen Grenzen. Alle wichtigen Daten können aus den Diagrammen selbst abgelesen werden, eine eingehende Kurvendiskussion erübrigt sich also. Auf die Angaben der notwen-



digen Aufzugverstärkung (nur bei weichem und hartem Aufzug von 1,5 mm), um eine bestimmte Druckerhöhung zu erreichen, muß leider verzichtet werden, da die prozentuale Formbett-ausfüllung durch die Testformen bei jeder Maschine verschieden ausfiel. Aufgrund der gemachten Erfahrungen wäre aber zweifellos auf diese Weise eine exakte Starrheitsbeurteilung des gesamten Druckwerkes denkbar.

Es mag überraschen, daß eine Geschwindigkeitserhöhung innerhalb des Maschineneinstellbereiches keine spürbare Druckerhöhung nach sich zog, auch die Form der Druckverteilungskurve änderte sich nicht nennenswert.

Nur bei einem Formbett mit Gleitführung stieg der Druck von der geringsten bis zur höchsten einstellbaren Maschinengeschwindigkeit um 2 kg/qcm an. Die Testformen füllten allerdings die ganze Formbreite aus. Bei leichten Formen oder nur halb ausgenutztem Format wird die Druckerhöhung größer sein, wenn die Annahme stimmt, daß die Druckerhöhung von der Verstärkung des Celfilmes auf den Gleitbahnen herrührt.

Die Lehigh Universität (USA) hat durch eine Reihe von Experimenten gefunden, daß die statischen Druckkraftmessungen relativ zu den dynamischen sind. Nach ihrer Angabe ist das Verhältnis der statischen zur dynamischen Druckkraft 90 zu 100.

Bild 10 und 11 geben die Abhängigkeit der Druckzonenbreite vom Zylinderdurchmesser wieder. Einmal liegt  $p_{\max}$  und einmal  $p_m$  als Parameter zugrunde. Für den untersuchten Zylinderdurchmesserbereich von 26 - 54 cm und für den harten Aufzug von 1,2 mm wurde in beiden Fällen eine lineare Beziehung gefunden.

Für einen harten Aufzug von 1,5 mm erhöht sich die Druckzonenbreite trotz gleichen Anpreßdruckes um ungefähr 10%. Auf Bild 12 ist gleichzeitig auf der rechten Ordinate



die Anpreßkraft in (kg/cm) angegeben. Man ersieht daraus, daß der sogenannte "Liniendruck" leicht zu irrigen Schlußfolgerungen führen kann. Denn zwei Maschinen mit dem gleichen "Liniendruck", aber verschiedenem Druckzylinderdurchmesser, weisen nicht den gleichen physikalischen Druck auf. Es wäre physikalisch richtig, nicht von "Liniendruck" zu sprechen, sondern von "Anpresskraft" in kg/cm. Bei einem Vergleich von Druckmaschinen ist demnach der Anpressdruck (kg/qcm) maßgebend, da es beim Ausdrucken einer Form auf die Höhe des Druckes ankommt.

Die gefundene Beziehung zwischen Druckzonenbreite und Zylinderdurchmesser kann selbstverständlich in einer Formel ausgedrückt werden. Beim harten Aufzug von 1,2 mm und bei einem mittleren Druck von  $p_m = 50 \text{ kg/qcm}$  errechnet sich die Druckzonenbreite  $s$  nach folgender Gleichung:

$$s = 0,3 + 0,023 \cdot D \text{ (cm)} \dots\dots\dots \text{I}$$

Der Zylinder  $\varnothing D$  ist in cm einzusetzen

Die Anpreßkraft

$$P = p_m \cdot s \text{ (kg/cm)} \dots\dots\dots \text{II}$$

Die Gesamtkraft

$$K = p_m \cdot s \cdot b \text{ (kg)} \dots\dots\dots \text{III}$$

$b = \text{Formbreite in cm}$

I in III ergibt:

$$K = p_m (0,3 + 0,023 \cdot D) \cdot b$$

Da eine Formel, die alle Einflußfaktoren berücksichtigt, sehr unübersichtlich werden würde, ist es besser zur Ermittlung von  $s$ , die Diagramme zu verwenden.

Um dem Konstrukteur möglichst viel Rechenarbeit zu ersparen, wurde in Bild 13 eine Tafel zusammengestellt, aus der sich für den spezifischen Fall von 1,2 bzw. 1,5 mm Aufzugsdicke sofort die Gesamtkraft  $K$  in Abhängigkeit von  $D$  und  $b$  ablesen läßt.

Ein  $p_m$  von 50 kg/qcm ist deshalb ausgewählt worden, weil nach Meinung und Erfahrung der Praxis zur Berechnung der Vorspannung, die schweren Formen genügt, ein mittlerer Druck von  $p_m = 50$  kg/qcm ausreicht. Bekanntlich braucht ein harter Aufzug mehr Druck zum Ausgleich der Formunterschiede als ein weicher. Die errechneten Vorspannungskräfte dürften demnach als Maximalwerte aufzufassen sein, wenn das angenommene  $p_m$  von 50 kg/qcm zum Ausdrucken von Volltonflächen überhaupt hoch genug angesetzt ist.

Ein Vergleich der Meßergebnisse mit der aus den geometrischen Beziehungen abgeleiteten Formel  $s = 2 \sqrt{a \cdot D}$ , bringt einige interessante Hinweise.  
( $s$  = Druckzonenbreite in cm;  $D$  = Zyl.  $\emptyset$  in cm;  $a$  = Anpressung in cm).

Bei einem  $p_m$  von 50 kg/qcm wird gemäß der Münchener Vereinbarung von 1959 "a" mit 0,01 cm angenommen (ohne Berücksichtigung der Aufzugzusammensetzung).

Für die folgenden Aufzugeinpressungen wurde "s" aus dem Diagramm der einzelnen Maschinen abgelesen. Die Höhe der Einpressung richtet sich nach dem Druck, der erzielt werden soll.

$p_m$ (kg/qcm)	50	40	30
a (cm)	0,0125-0,0145	0,011-0,125	$\approx 0,01$

Ein Beispiel: gegeben ist  $D = 54$  cm;  $b = 115$  cm  
gefordert ist  $p_m = 50$  kg/qcm

$$s = 2\sqrt{a \cdot D};$$
$$s = 2\sqrt{0,0145 \cdot 54} = 1,770 \text{ (cm)}$$

$$K = p_m \cdot s \cdot b;$$
$$K = 50 \cdot 1,77 \cdot 115 = 10\,200 \text{ (kg)}$$

d.h. die Vorspannung liegt um 17 % über der errechneten. Es ist natürlich nun die Frage, ob ein weicher Aufzug de facto 50 kg/qcm zum Ausdrucken einer Halbtonfläche benötigt. Bekanntlich lehrt die Erfahrung, daß ein weidher Aufzug weniger Druck braucht als ein gleich starker, harter Aufzug.

Leider besteht in der Frage des notwendigen minimalen Anpressdruckes noch keine vollständige Klarheit. Bei Untersuchungen in dieser Richtung werden die ermittelten Werte immer eine gewisse Streubreite aufweisen, da die vielen Einflußfaktoren nicht alle voneinander zu trennen sein dürften.

#### IV. Der minimale Anpreßdruck

Eine kurze Zusammenstellung soll ohne Anspruch auf Vollständigkeit einen Überblick darüber geben, was bis jetzt

✓



in der Frage des Anpressdruckes an Ergebnissen vorliegt.

Die ersten Bestrebungen die erforderliche Druckkraft zu messen, gehen bekanntlich auf Nicolaus zurück. Das Schergewicht dieser Untersuchungen im Jahre 1910 lag aber auf dem Gebiet der Hand- und Tiegelpresse. Von den Ergebnissen an der Schnellpresse sagt der Verfasser selbst, sie würden nur ungefähr stimmen, da ein genaues Ablesen der Meßgeräte bei laufender Maschine nicht möglich gewesen sei. Als notwendigen Druck zum Ausdrucken fand Nicolaus für die Handpresse und Schnellpresse etwas voneinander abweichende Werte.

a.) Handpresse:

Satzform : 9 - 15 (kg/qcm)  
Autotypie: 15 - 18 (kg/qcm)  
Riffelung: 234 (kg/qcm)

b.) Schnellpresse:

D = 53 cm

Satz : 17 (kg/qcm)  
Autotypie : 47 (kg/qcm)  
Riffelung : 257 (kg/qcm)

Der überraschend hohe Wert von 47 (kg/qcm) für die Autotypieform ergibt sich aus dem Umstand, daß der Druckversuch ohne Zurichtpapier vorgenommen wurde,

Eine genauere Untersuchung über die Anpreßkraft bei Schnellpressen führte Hebsaker im Jahre 1927 durch. Die Arbeit beschränkt sich allerdings auf eine einzige Maschine. Die optimalen Ausdruckwerte werden in kg/cm angegeben und beziehen sich auf einen Druckzylinderdurchmesser von 24 cm. Hebsaker meint in seinen Anmerkungen, ein Druckzylinder mit großem Durchmesser bringe ganz andere Wirkungen hervor als ein solcher mit kleinerem, deshalb gebe er den "Anpressungs-

✓



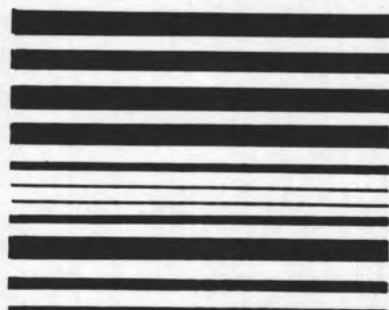
druck" in kg/cm.an. Dies stimmt zwar in gewisser Hinsicht, aber andererseits wird durch die Festlegung auf die Dimension (kg/cm) ein Vergleich mit anderen Maschinentypen und -größen fast unmöglich.

Ein anderer Grund bei der Dimension (kg/cm) zu bleiben, dürfte darin zu suchen sein, daß die Druckzonenbreite statisch bestimmt wurde und bei weichem Aufzug nur ungenau ausgemessen werden konnte.

Trotzdem ist in der weiter unten folgenden Tabelle, die in zusammengefaßter Form die Meßergebnisse von Hebsaker enthält, zusätzlich der errechnete Anpreßdruck (kg/qcm) aufgeführt, um eine angenäherte Vergleichsmöglichkeit mit anderen Messungen zu schaffen. Naturgemäß geht beim Anpreßdruck (kg/qcm) der Zylinderdurchmesser, die Aufzugshärte und Aufzugsdicke in anderer Form ein als bei der Anpreßkraft (kg/cm), da die Druckzonenbreite, die zur Umrechnung herangezogen werden muß, gerade von diesen drei Faktoren abhängt.

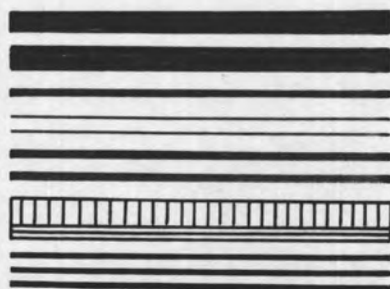
Hebsaker verwendete ebenfalls einen harten und einen weichen Aufzug.

Harter Aufzug:



- a 4 Karton
- b 1 mittlerer Bogen
- c Zurichtung
- d 1 mittlerer Bogen
- e 1 Karton
- f Ausgleichsbogen
- g 1 Ölbogen

Weicher Aufzug:



- a 2 Karton
- b 1 mittlerer Bogen
- c Zurichtung
- d 2 mittlere Bogen
- e Drucktuch
- f Ausgleichbogen

Die Dicke des Grundaufzuges schwankte zwischen 1,37 und 1,39 mm. Die Druckverstärkung durch Unterlegen von Ausgleichsbogen erfolgte immer in der Weise, daß der zusammengepreßte Aufzug mit Druckbogen ungefähr eine Dicke von 1,5 mm aufwies, damit kein Abwicklungsschmitz die Druckbeurteilung behinderte,

Siehe Tabelle auf Seite 18 .

1933 und 1935 berichtete Mundschenk über seine Untersuchungen an Flachform-Hochdruckmaschinen. Zum Ausdrucken von Volltonflächen gibt er 50 - 80 kg/qcm als notwendigen Anpreßdruck an, für Satz 15 kg/qcm. Poulter und Croney vom PATRA-Institut bestätigten 1941 diese Werte. Selbst bei rauhem Papier müßten 80 kg/qcm nicht überschritten werden.

Carlsson und Pihl (Grafiska Forskningslaboratoriet, Schweden) gaben 1952 für Satz 29 kg/qcm als normalen, ausreichenden Anpreßdruck an.

Seit einigen Jahren wird der Problembereich "Bedruckbarkeit" von der FOGRA in München eingehend bearbeitet. In den Institutsmitteilungen veröffentlichte Ebert u.a. Untersuchungsergebnisse, die die Beziehung zwischen Schwärzung und Anpreßkraft betreffen. Für Volltonflächen fand Ebert eine

Tabelle:

Notwendige Anpreßkraft zum Ausdrucken nach Hebsaker.

Durchmesser des Druckzylinders 24 cm						
Papier	Form	Art des Aufzuges	Dicke des Aufzuges mit Druckbogen(mm)	Breite d. Druckzone s (cm)	Anpreßkraft P (kg/cm)	Anpreßdruck P/s (kg/qcm) errechnet
Werkdruckpapier	Tonplatte	weich	1,67	1,65	48	29
		hart	1,61	1,30	63	48
	24er Raster	weich	1,57	1,50	45	30
		hart	1,57	1,40	58	41,5
	80er Raster	weich	1,57	1,48	39	26,5
		hart	1,57	1,42	50	35,0
	Satz Cicero	weich	1,63	1,85	32	17,5
		hart	1,61	1,65	50	30
	Satz Petit	weich	1,63	1,7	30	17,5
		hart	1,61	1,65	47,5	29
Kunstdruckpapier	Tonplatte	weich	1,67	1,5	44	29
		hart	1,55	1,35	61,5	45,5
	24er Raster	weich	1,55	1,35	29	21,5
		hart	1,55	1,25	43	34,5
	80er Raster	weich	1,55	1,45	28	19,5
		hart	1,55	1,30	38	29,0
	Satz Cicero	weich	1,67	1,9	39,5	21,5
		hart	1,55	1,55	44,5	28,5
	Satz Petit	weich	1,67	1,9	38	20
		hart	1,55	1,55	41	26,5

eindeutige Schwärzungsgrenze. Bei einer Steigerung der Anpreßkraft über 80 kg/cm hinaus ändere sich die Schwärzung nicht mehr, d.h. zum Ausdrucken genügen 80 kg/cm. Aber wie schon erwähnt muß bei der Angabe in kg/cm der Druckzylinderdurchmesser berücksichtigt werden. In diesem Fall bezieht sich der gefundene Grenzwert von 80 kg/cm auf einen Zylinderdurchmesser von 54 cm. Zieht man das Diagramm von Bild 12 heran, so dürfte der Anpreßkraft von 80 kg/cm ungefähr ein Anpreßdruck von 50 kg/qcm entsprechen.

Im "Review of printing pressure", Council of the Graphic Arts Industry, Inc., 1958, werden zusammenfassend für Letterdruck 17 - 50 kg/cm, bzw. 13 - 33 kg/qcm angegeben und für Volltondruck 50 - 90 kg/cm, bzw. 40 - 80 kg/qcm.

Der sowjetische Wissenschaftler K.W. Tir versuchte im Jahre 1949 die Druckprobleme mehr auf rechnerischem Wege zu lösen, wobei er die für die Berechnung benötigten Koeffizienten des Aufzugmaterials durch statische Messungen ermittelte. Als Ausgangspunkt wird der Kraftbedarf eines einzelnen Form- oder Druckelementes genommen. Am besten lassen sich die Grundgedanken anhand der aufgestellten Formeln darlegen.

Die Spannung  $\sigma$  des Aufzugmaterials wird mit Hilfe von Gleichung I errechnet.

$$I. \quad \sigma = E \cdot e^{1/m} \text{ (kg/qcm)}$$

E = Elastizitätsmodul in  
kg/qcm

$e = \frac{\lambda}{h}$  = relative Zusammen-  
drückung des Aufzuges

h = Dicke des Aufzuges

$\lambda$  = Einpressung des Aufzuges

m = Exponent für die Aufzugart

✓

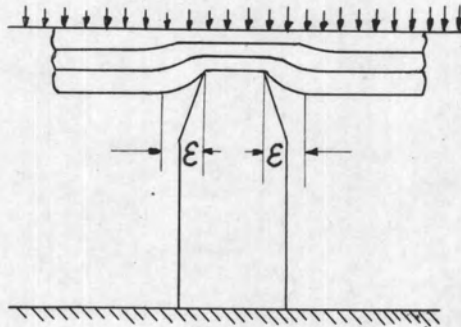


II.  $p_{mi} = \psi \cdot \sigma \text{ (kg/qcm)}$

$p_{mi}$  = mittlerer Druck auf ein Druckelement

$\psi$  = Materialkoeffizient für die Randspannung

III.  $P_e = \sigma \cdot f_e + \psi \cdot \sigma \cdot S_e \cdot \varepsilon$



$P_e$  = Gesamtkraft auf ein Druckelement

$f_e$  = Fläche des Druckelementes

$S_e$  = linearer Umfang des Druckelementes

Der spezifische Druck  $q$  in kg/qcm, d.h. in kg pro Flächeneinheit der Druckelemente, errechnet sich auf folgende Weise:

$$q = \frac{P_e}{f_e} = \sigma + \psi \cdot \sigma \cdot \varepsilon \cdot \frac{S_e}{f_e} \quad ; \psi \cdot \varepsilon = \gamma \text{ gesetzt}$$

IV.  $q = (1 + \gamma \cdot \frac{S_e}{f_e}) \text{ (kg/qcm)}$

$\gamma$ ,  $S_e$  und  $f_e$  werden einer Tabelle entnommen.

Die Gesamtfläche der Druckelemente ist:

V.  $F = f' \cdot k$

$k$  = Fläche der Druckelemente auf einen qcm

$f'$  = Fläche der Druckform

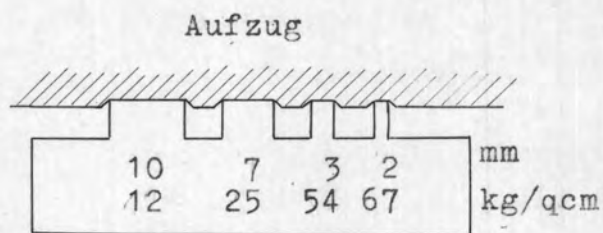
Die Gesamtkraft  $P = q \cdot F$

✓

Da sich bei der Schnellpresse die Fläche  $F$  aus dem Produkt der Formbreite  $b$  und der Druckzonenbreite  $s$  ergibt, versucht Tir auch " $s$ " zu errechnen. Es würde zu weit führen den komplizierten Rechengang zu erläutern.

Ist z.B. der minimale und maximale spezifische Druck  $q$ , mit dem gerade noch gedruckt werden kann, aus Messungen bekannt, so könnte man theoretisch mit Hilfe der Gleichungen I - IV die entsprechende Aufzugzusammenpressung bzw. die zulässige Höhendifferenz der Form berechnen. Ob dieser komplizierte Berechnungsweg, der das einzelne Druckelement zugrunde legt, für die Praxis verwendbar ist, muß erst die Zukunft zeigen. (Das Nachgeben der Maschine kann sowieso nicht in der Rechnung allgemein berücksichtigt werden, sondern muß in jedem Einzelfall vom Drucker durch eine entsprechende Zurichtung ausgeglichen werden.)

Es sei abschließend noch kurz erwähnt, daß R.G.W. Croney vom PATRA-Institut 1952 ebenfalls den Einfluß der Randspannung



in Abhängigkeit der Größe des Druckelementes untersucht hat. Trotz gleicher Einpressung des Aufzuges stellt sich nämlich je nach Breite des Druckelementes ein unterschiedlicher Druck ein. (Siehe Skizze)

Die Arbeiten an diesem Forschungsthema werden fortgesetzt.

✓

L I T E R A T U R

- Nicolaus, G. Die technischen Anforderungen des Wertpapierdruckes. Dissertation. Technische Hochschule Berlin 1909
- Hebsaker, M. Über die Druckauswirkungen beim Hochdruckverfahren. Dissertation. Technische Hochschule Stuttgart 1927
- Mundschenk, L. Die Zurichtung gemischter Formen auf der Schnellpresse. Klimsch's Jahrbuch Nr. 28, S. 80
- Schneiderei, G. Forschung an Druckmaschinen VDI-Z. Bd. 84, Nr. 51, Dez. 1940
- Poulter, A.C.,  
Croney, R.G.W. Die Bedruckbarkeit von Papier: Tonwiedergabe unter besonderer Berücksichtigung des Zeitungsdruckes. Proceedings of the Paper Makers Association of Great Britain and Northern Ireland. Dez. 1940, S. 127 -169
- Croney, R.G.W. Das Messen des Anpreßdruckes. Internal Report to PATRA, Nr. 40
- Morosow, M.G. Tiegel und Flachformmaschinen. Bd. III der Reihe "Konstruktion und Berechnung polygraphischer Maschinen" S. 17 - 35, Moskau 1949 (Gislegprom).

Carlsson, G.E.,  
Pihl, L.

Die Druckverteilung beim Drucken  
auf Schnellpressen im Augenblick des  
Abdruckes.

International Bulletin, Juli 1952  
S. 46 - 49.

Greiner, H.

Über das Problem der Starrheit von  
Flachform-Hochdruckmaschinen.

Mitteilungen des Instituts für Druck-  
maschinen und Druckverfahren.

Februar 1957

Ebert, W.

Das Druckwerk als wichtigstes Bauele-  
ment von Flachform-Hochdruckmaschinen.  
FOGRA-Mitteilungen, 1959 Nr. 22

Barthel, W.

Druckversuche mit verschiedenen Druck-  
zylinderaufzügen und Druckformmateri-  
alien an Flachform-Hochdruckmaschinen.  
"Druck und Reproduktion" 1959/10

Wagenbauer K.

Beiträge zum Druckprozess bei Offset-  
Bogenrotationsmaschinen. Dissertation.  
Technische Hochschule Darmstadt  
1959/D 17



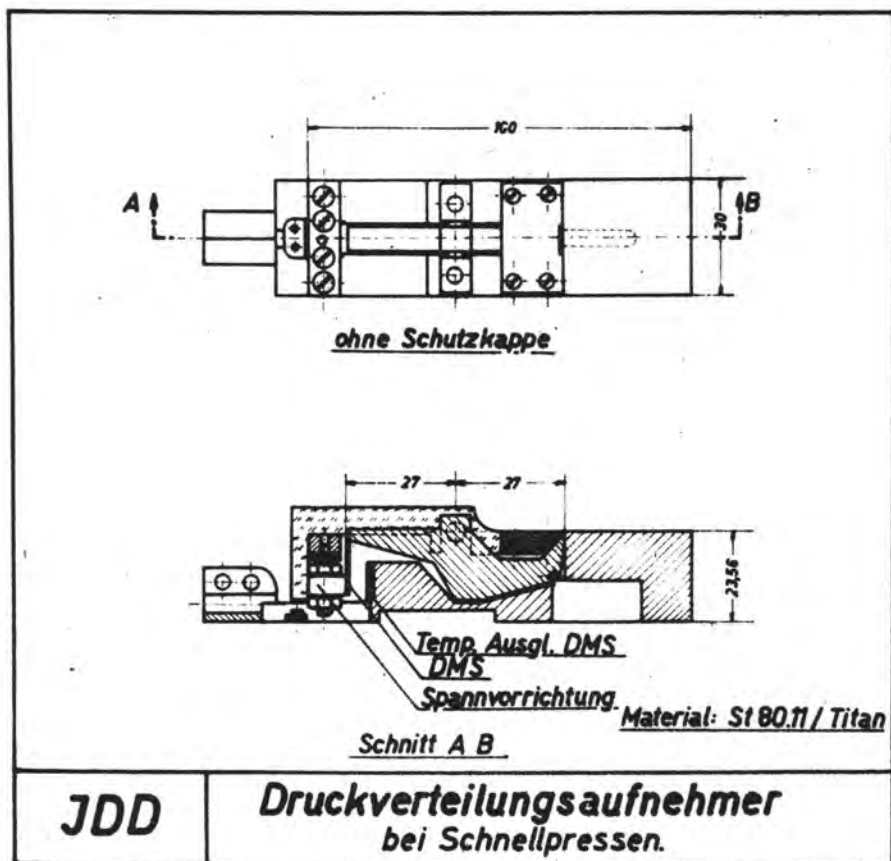


Bild 1

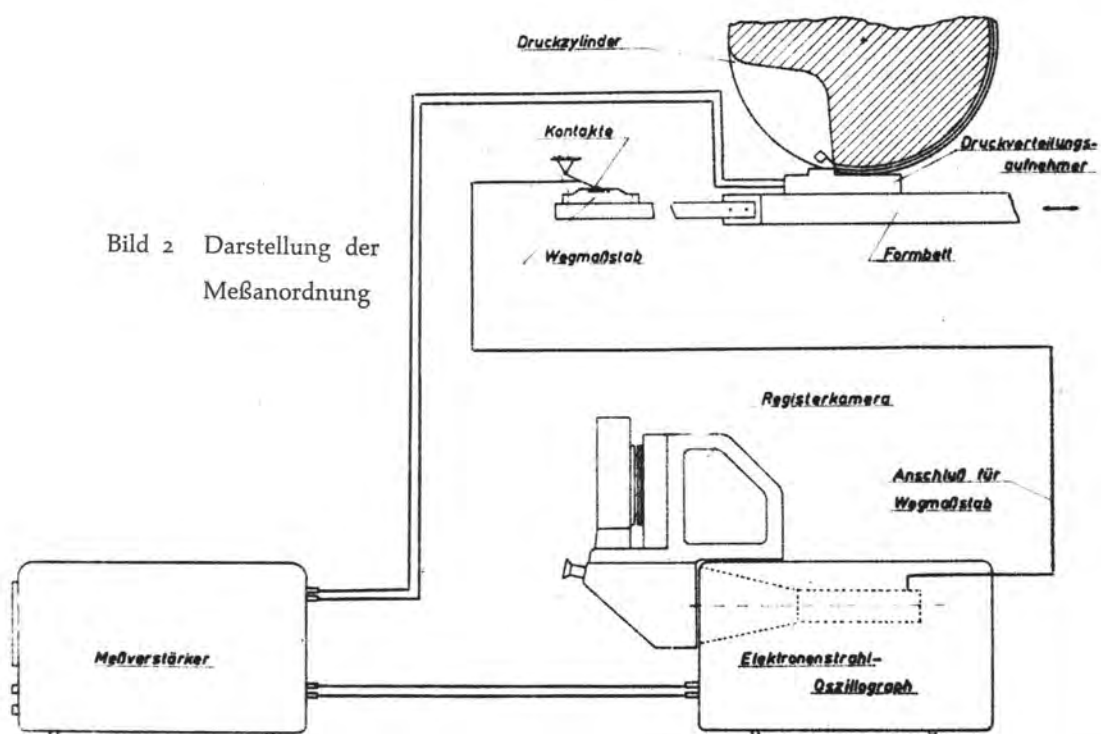


Bild 2 Darstellung der  
Meßanordnung

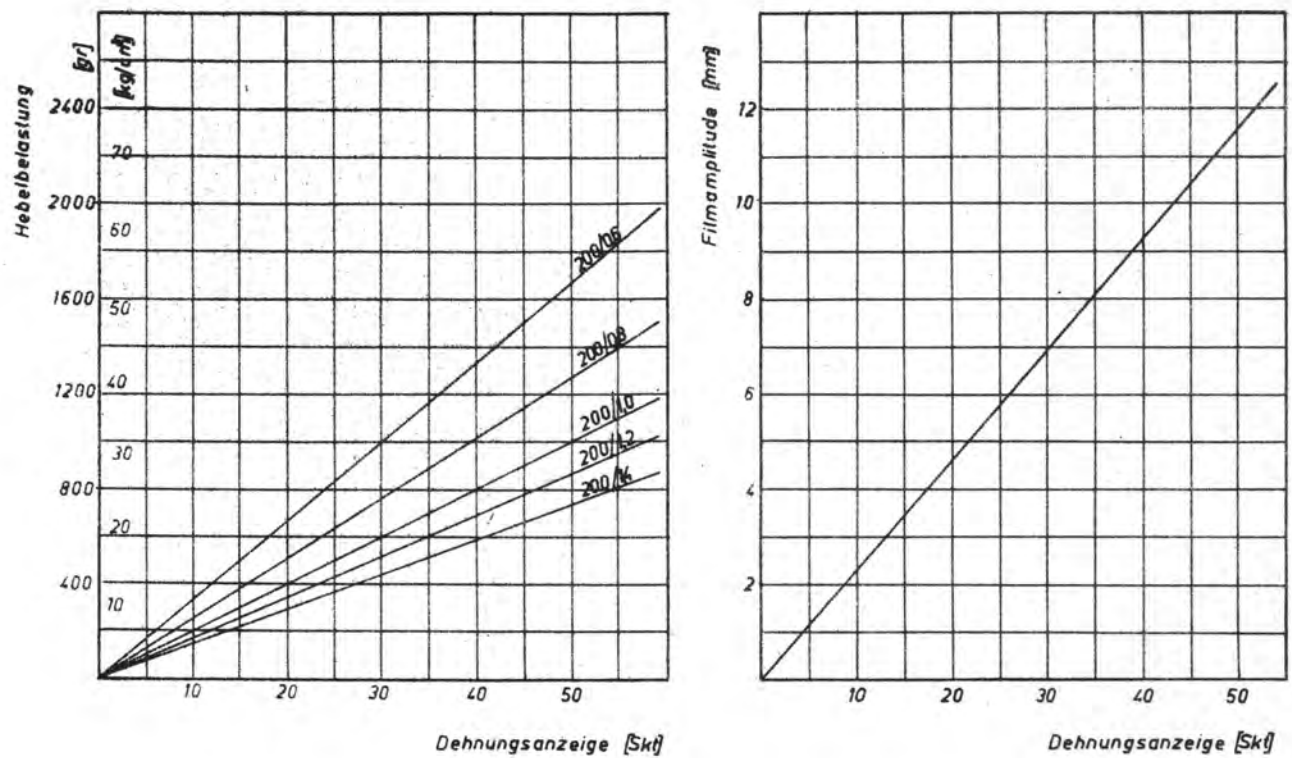


Bild 3 Eichung Geber - Meßverstärker - Film

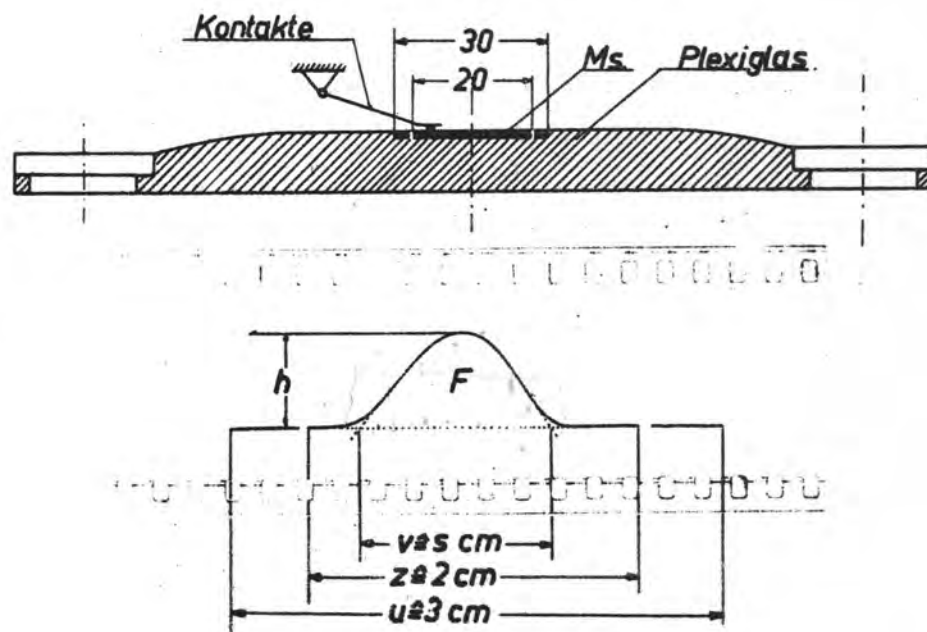
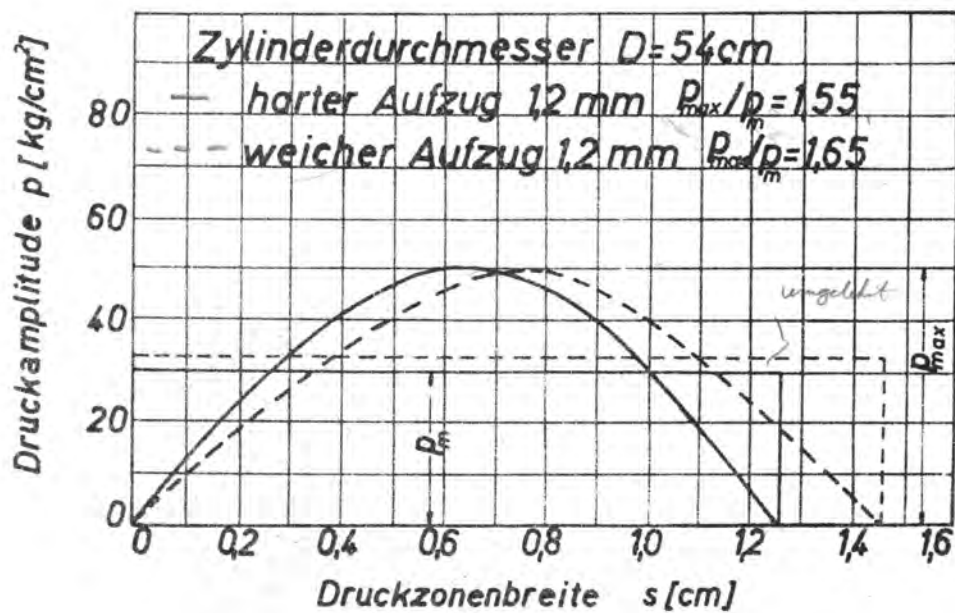
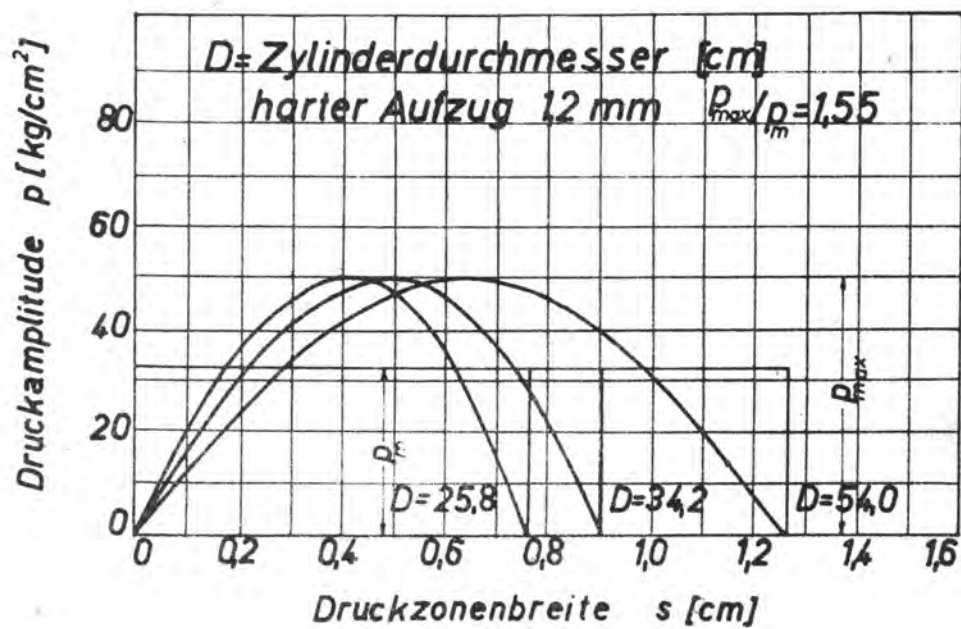


Bild 4 Wegmaßstab und Oszillogramm einer Druckverteilungskurve



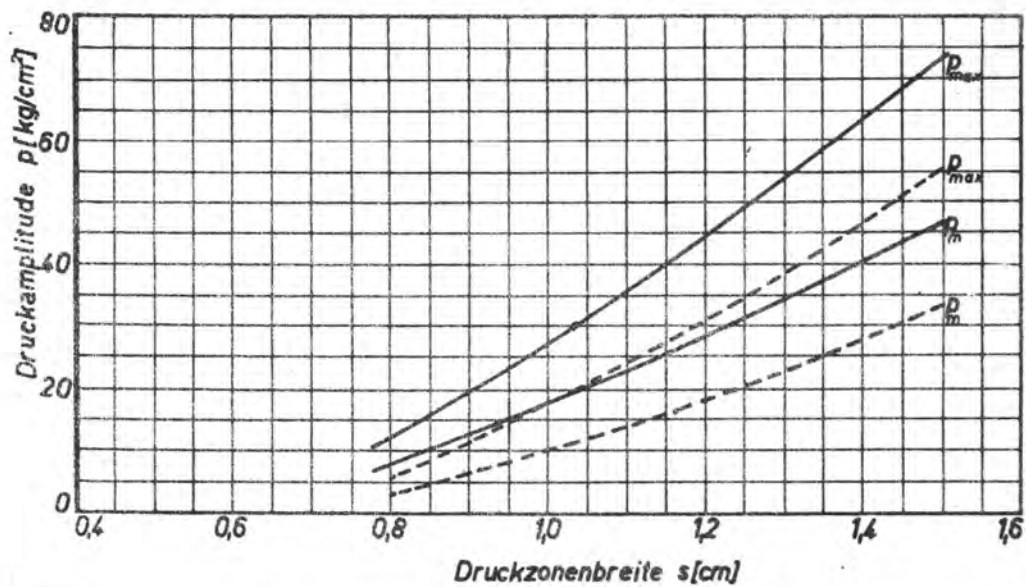
JDD

Druckverteilungskurven  
 bei Schnellpressen

Parameter: Zylinderdurchmesser  $D=54\text{ cm}$ .

— harter Aufzug 12 mm.

--- weicher Aufzug 12 mm.



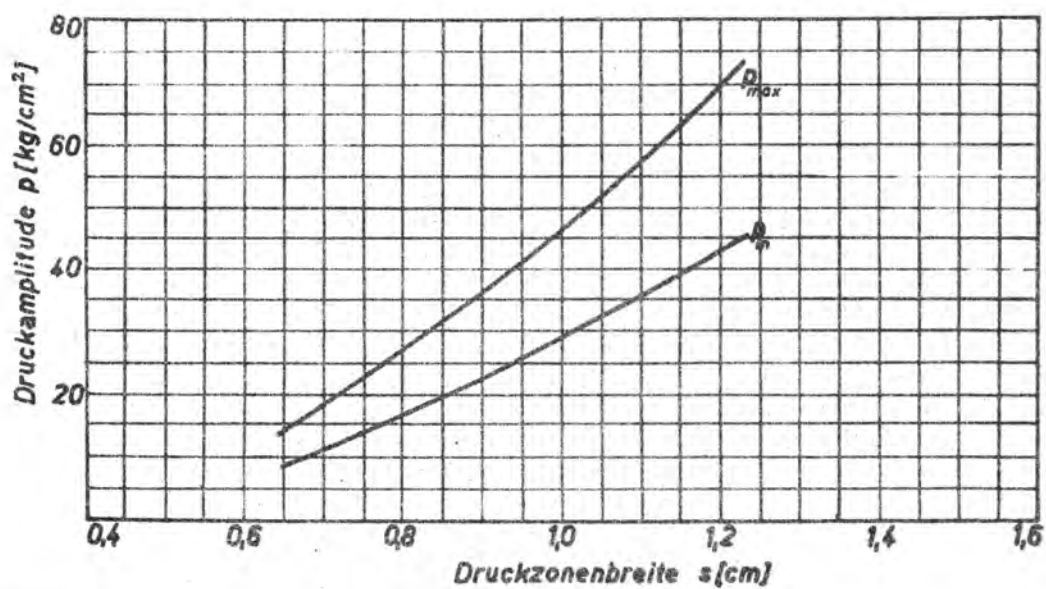
JDD

**Druckamplitude über Druckzonbreite  
bei Schnellpressen**

Bild 6

Parameter: Zylinderdurchmesser  $D=42\text{ cm}$ .

harter Aufzug 12 mm = const.



JDD

**Druckamplitude über Druckzonbreite  
bei Schnellpressen**

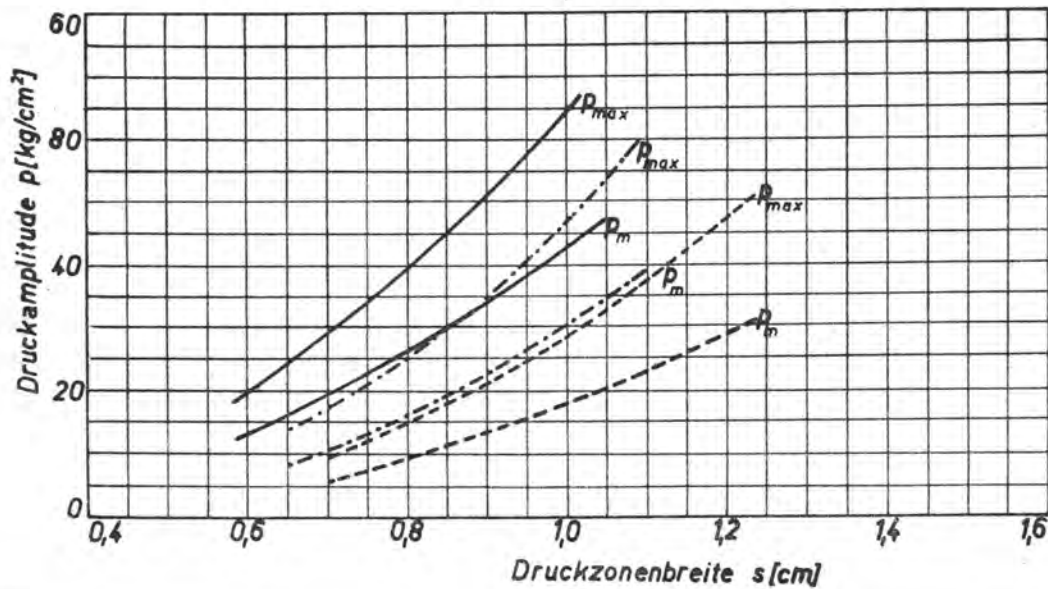
Bild 7



Parameter: Zylinderdurchmesser  $D=34,2$  cm.

— harter Aufzug 12 mm=const

--- harter Aufzug 1,5 mm. --- weicher Aufzug 1,5 mm.



JDD

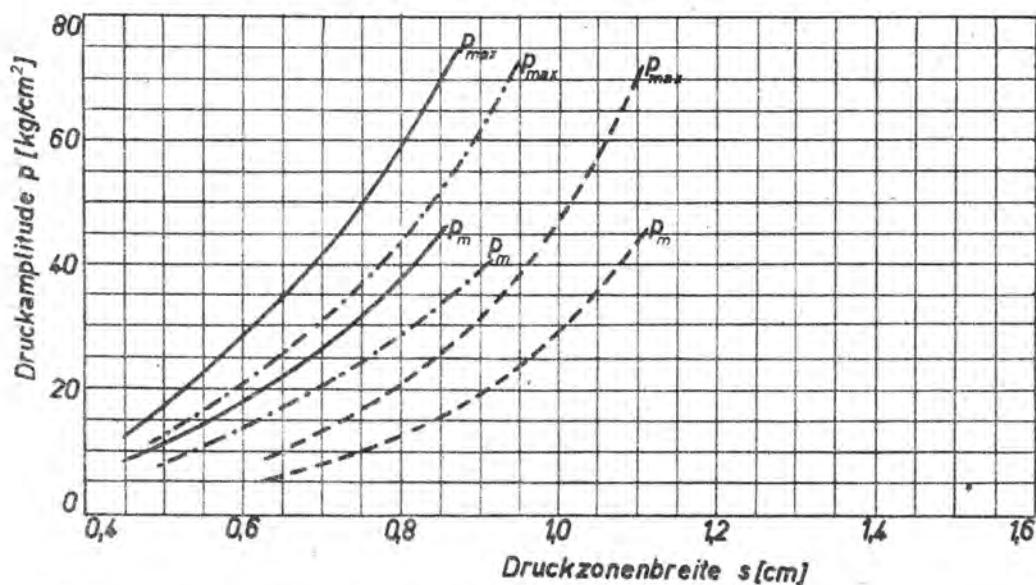
**Druckamplitude über Druckzonenbreite  
bei Schnellpressen.**

Bild 8

Parameter: Zylinderdurchmesser  $D=25,8$  cm

— harter Aufzug 12 mm=const

--- harter Aufzug 1,5 mm. --- weicher Aufzug 1,5 mm.

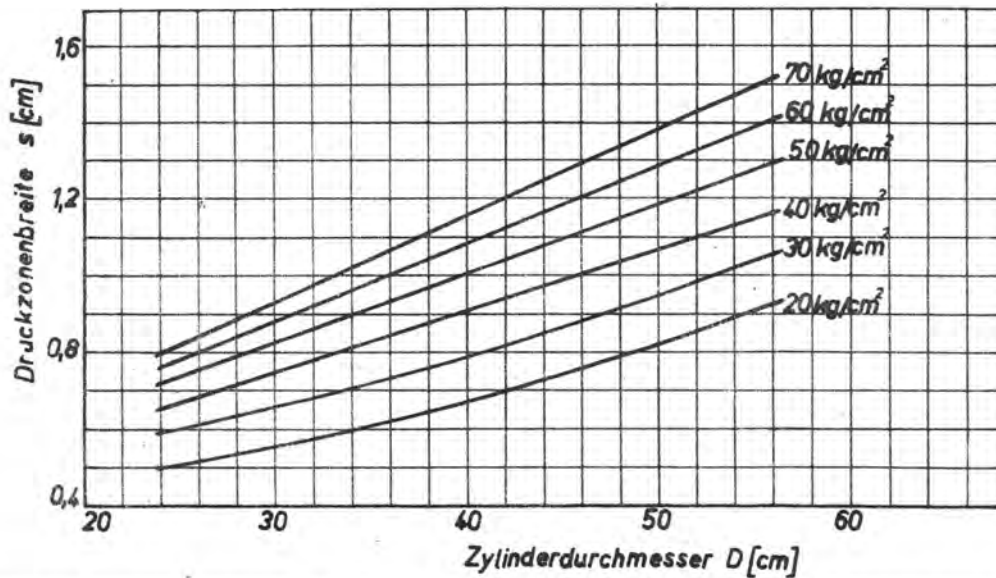


JDD

**Druckamplitude über Druckzonenbreite  
bei Schnellpressen**

Bild 9

Parameter: maximale Druckamplitude  $p_{\max}$  [kg/cm<sup>2</sup>]  
 harter Aufzug 1,2 mm=const.

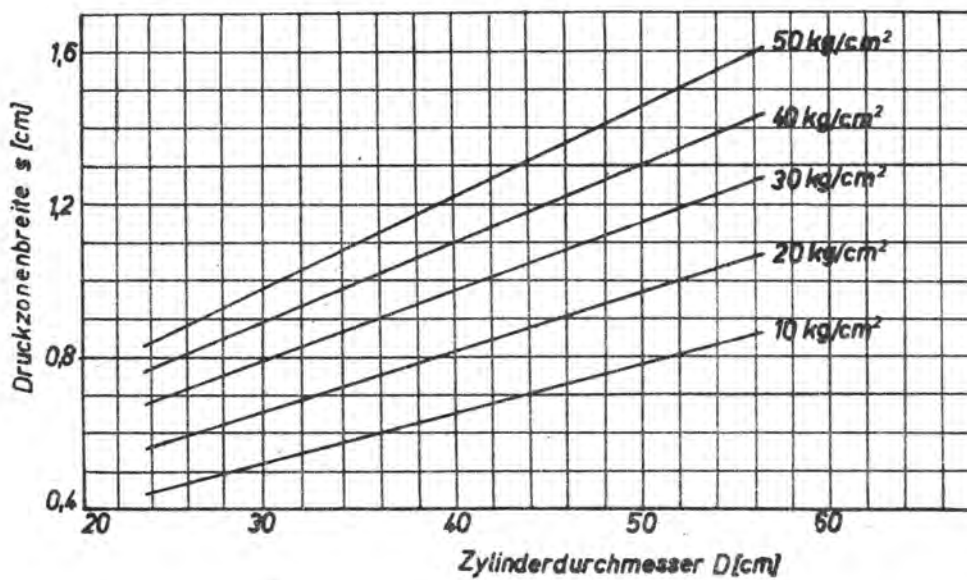


**JDD**

**Druckzonenbreite über Zylinderdurchmesser  
 bei Schnellpressen**

Bild 10

Parameter: mittlere Druckamplitude  $p_m$  [kg/cm<sup>2</sup>]  
 harter Aufzug 1,2 mm=const.



**JDD**

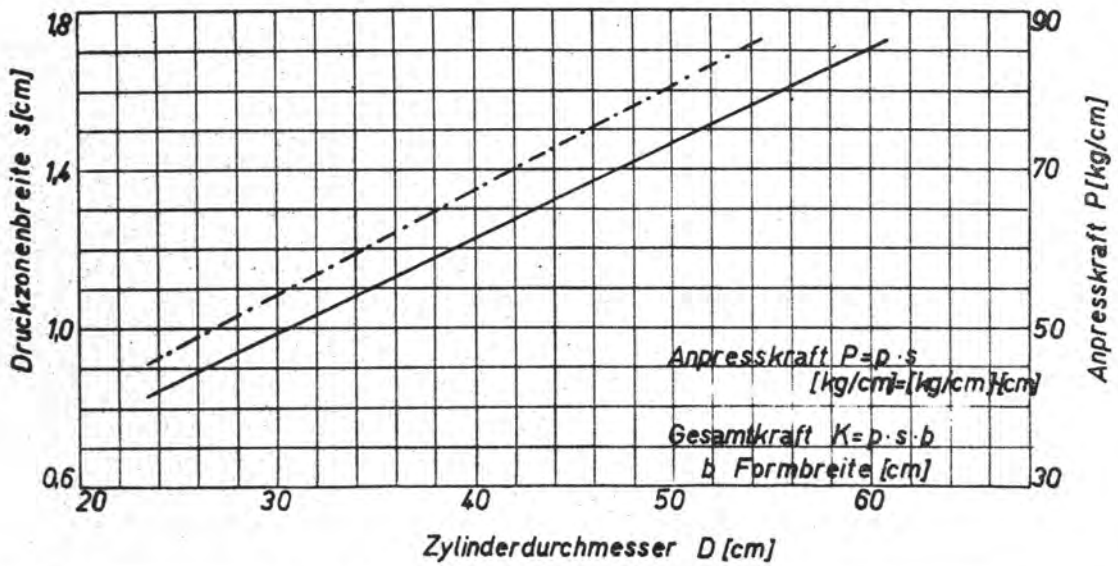
**Druckzonenbreite über Zylinderdurchmesser  
 bei Schnellpressen.**

Bild 11

Parameter: mittlere Druckamplitude  $p_m = 50 \text{ kg/cm}^2$

— harter Aufzug 12 mm.

- - - harter Aufzug 15 mm.



JDD

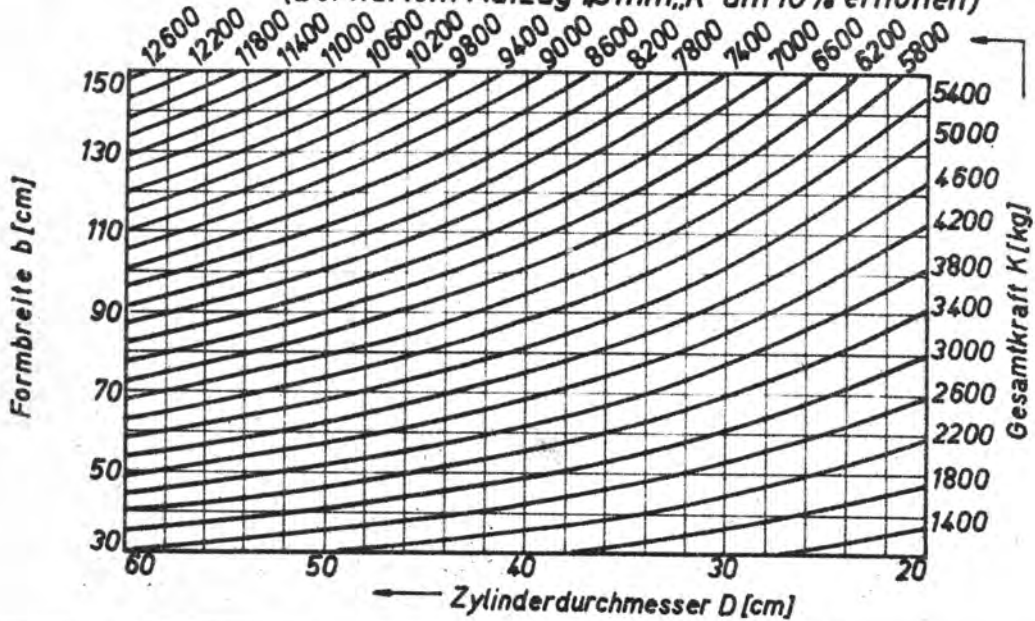
**Anpressdruck und Anpresskraft  
bei Schnellpressen**

Bild 12

Parameter: mittlere Druckamplitude  $p = 50 \text{ kg/cm}^2$

harter Aufzug 12 mm = const.

(bei hartem Aufzug 15 mm, „K“ um 10% erhöhen)



JDD

**Formbreite und Gesamtkraft  
bei Schnellpressen.**

Bild 13